

ATTORNEY DOCKET NO.: 71068

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : GRAF
Serial No :
Confirm No :
Filed :
For : METHOD AND APPARATUS...
Art Unit :
Examiner :
Dated : July 31, 2003

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

PRIORITY DOCUMENT

In connection with the above-identified patent application, Applicant herewith submits a certified copy of the corresponding basic application filed in

Germany


Number: DE 102 36 392.7

Filed: 8/Aug./2002

the right of priority of which is claimed.

Respectfully submitted
for Applicant(s),

By:


John James McGlew
Reg. No.: 31,903
McGLEW AND TUTTLE, P.C.

JJM:tf

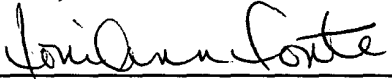
Enclosure: - Priority Document
71068.3

DATED: July 31, 2003
SCARBOROUGH STATION
SCARBOROUGH, NEW YORK 10510-0827
(914) 941-5600

NOTE: IF THERE IS ANY FEE DUE AT THIS TIME, PLEASE CHARGE IT TO OUR
DEPOSIT ACCOUNT NO. 13-0410 AND ADVISE.

I HEREBY CERTIFY THAT THIS CORRESPONDENCE IS BEING DEPOSITED WITH
THE UNITED STATES POSTAL SERVICE AS EXPRESS MAIL, REGISTRATION NO.
EV323630674US IN AN ENVELOPE ADDRESSED TO: COMMISSIONER FOR
PATENTS, P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA 22313-1450, ON July 31, 2003

McGLEW AND TUTTLE, P.C., SCARBOROUGH STATION,
SCARBOROUGH, NEW YORK 10510-0827

By:  Date: July 31, 2003



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 36 392.7

Anmeldetag: 8. August 2002

Anmelder/Inhaber: KUKA Roboter GmbH, Augsburg/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Steuern von Handhabungsgeräten

IPC: B 25 J 9/16

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jerofsky'.

Jerofsky

PATENTANWÄLTE
DIPL.-ING. **HEINER LICHTI**

DIPL.-PHYS. DR. RER. NAT. **JOST LEMPERT**

DIPL.-ING. **HARTMUT LASCH**

D-76207 KARLSRUHE (DURLACH)
POSTFACH 410760

TELEFON: (0721) 9432815 TELEFAX: (0721) 9432840

KUKA Roboter GmbH
Blücherstraße 144

86165 Augsburg

19555.1/02 Le/nu/z1
06. August 2002

Verfahren und Vorrichtung zum Steuern von Handhabungsgeräten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum synchronen Steuern einer Mehrzahl von Handhabungsgeräten, wie Industrierobotern. Sie betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum synchronen Steuern eines Handhabungsgeräts in einem Verbund aus einer Anzahl derartiger Handhabungsgeräte, das zum Durchführen eines Verfahrens der eingangs genannten Art ausgebildet ist.

10 Automatisierte Handhabungsgeräte, wie Industrieroboter, werden in der heutigen industriellen Praxis für vielfältige Aufgaben eingesetzt. Dabei ist es oftmals erforderlich, dass mehrere Roboter, die jeweils durch eine Robotersteuerung gesteuert sind, bestimmte Handhabungs-Handlungen zeitlich aufeinander abgestimmt, d.h. synchron ausführen. Dazu ist in der Regel erforderlich, dass bestimmte Bedienhandlungen an einer Mehrzahl von Roboter-Steuerungen gleichzeitig ausgeführt werden. Es kann sich bei den erwähnten Bedienhandlungen beispielsweise um das Verteilen eines Start-

15

20 Kommandos für eine Gruppe kooperierender Roboter handeln.

Darüber hinaus ist die Ausführung bestimmter Befehle regelmäßig an Zustandsbedingungen geknüpft, die an allen Steuerungen erfüllt sein müssen, bevor ein bestimmtes Steuerbefehl bzw. durch dieses eingeleitete Programmanweisungen von einer Mehrzahl von Roboter-Steuerungen synchron ausgeführt werden kann bzw. können.

Aus der US 2002/0029095 A1 (entsprechend EP 1 186 286 A2) ist eine synchrone Steuerung kooperierender Roboter bekannt, bei der eine Roboter-Steuerung als Master und weitere Roboter-Steuerungen als Slaves fungieren. Die Master-Steuerung sendet Start-Kommandos und Positions- sowie Interpolationsdaten an alle Slaves, die nach erfolgter Rückmeldung daraufhin bezüglich eines Startzeitpunktes synchrone Bewegungs- bzw. Steuerungsabläufe ausführen. Im Falle eines Stop-Kommandos eines der kooperierenden Roboter werden alle beteiligten Roboter nach einem identischen Anhaltungsverfahren abgebremst.

Als nachteilig bei der vorbekannten Steuerung ist insbesondere das starre Master-Slave-Konzept anzusehen, nach dem zu Beginn eines Ablaufvorgangs einer der Roboter als Master für diesen Ablaufvorgang festgelegt wird. Hierdurch ist die Einsetzbarkeit einer derartigen Steuerung stark eingeschränkt: Alle beteiligten Roboter-Steuerungen enthalten eine Vielzahl distinkter Steuerungsprogramme (Master-Programm, Slave-Programm, Normal-Programm), deren Zusammenspiel vorab festgelegt sein muss, und die einen erhöhten Programmier- und Verwaltungsaufwand sowie einen entsprechenden Speichermehraufwand nach sich ziehen. Weitere Nachteile ergeben sich aufgrund der in der angeführten Druckschrift genannten datentechnisch aufwendigen und anfälligen Übermittlung umfangreicher Positions- und Interpolationsdaten, die dort für eine synchrone Steuerung notwendig ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, unter Vermeidung der vorstehend genannten Nachteile ein Verfahren oder eine Vorrichtung zum synchronen Steuern einer Mehrzahl von Handhabungsgeräten, wie Industrierobotern, zu schaffen, das
5 bzw. die bei Gewährleistung eines sicheren Verfahrensablaufes einfach ausgebildet und flexibel einsetzbar ist.

Die Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten
10 Art dadurch gelöst, dass ein von Steuerungen der an einer Synchronisation beteiligten Handhabungsgeräte auszuführender Steuer-Befehl an einer beliebigen Steuerung initiiert und anschließend in dieser abhängig von der Art des Befehls weiterbearbeitet wird. Zur Lösung der genannten Aufgabe ist
15 bei einer Steuerungsvorrichtung der eingangs genannten Art vorgesehen, dass diese aufweist: Speichermittel zum Speichern eines Steuerungsprogramms für das Handhabungsgerät, Eingabemittel zum Initiieren eines zu Synchronisationszwecken zu verteilenden Steuer-Befehls, Sendemittel zum Senden
20 eines initiierten Steuerbefehls an andere an einer Synchronisation beteiligte Steuerungen, Empfangsmittel zum Empfangen eines von einer anderen beteiligten Steuerung übermittelten Befehls, Prozessormittel zum Bearbeiten des Steuerungsprogramms nach Maßgabe des Steuer-Befehls und ggf. zum
25 Prüfen des initiierten bzw. des empfangenen Befehls sowie Entscheidungsmittel zum Freigeben oder Blockieren des Versandes und/oder zum Anordnen eines lediglich lokalen Ausführens eines initiierten Steuer-Befehls.

30 Auf diese Weise ist ein einfaches und flexibel einsetzbares Verfahren bzw. eine entsprechende Vorrichtung zum synchronen Steuern einer Mehrzahl von Handhabungsgeräten geschaffen, das bzw. die insbesondere ohne eine Einteilung der beteiligten Steuerungen in Master- und Slave-Steuerungen und
35 die damit verbundenen Nachteile auskommt. Eine flexibel

veränderliche Anzahl von Steuerungen kann so als Gruppe (Verbund) mittels bestimmter Steuer-Kommandos synchron gesteuert werden. Dabei ist eine Liste von Steuerungen, die an diesem Verbund teilnimmt, vorzugsweise über eine in den
5 Speichermitteln der Steuerungen gespeicherte Variable in Form einer Liste definiert. Eine solche Variable ist durch den Anwender auch online jederzeit neu definierbar.

Da nach einer Weiterentwicklung des erfindungsgemäßen Steuersystems vorgesehen ist, dass die Steuerungen über ein
10 Kommunikationsnetz, beispielsweise unter Verwendung des Ethernet-Protokolls, verbunden sind, enthält die Steuerungs-Liste vorzugsweise die IP-Adressen der an der Synchronisation beteiligten Steuerungen.

15

Das Kommunikationsnetz ist vorzugsweise hierarchisch flach, z.B. mit Sterntopologie und zentralem Hub ausgebildet. Alle Steuerungen sind somit auf einer gemeinsamen hierarchischen Ebene angeordnet.

20

Vorzugsweise beinhaltet die Befehls-Bearbeitung im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass der Steuer-Befehl zur synchronen Ausführung auf die anderen Steuerungen verteilt oder zunächst lokal überprüft wird.

25

Nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Steuerungen sich vor Bearbeitung der Steuer-Befehls gegenseitig ihre aktuellen steuerungsrelevanten Zustände mitteilen. Auf diese Weise kann die initiierende Steuerung nach einer bevorzugten Ausgestaltung
30 des erfindungsgemäßen Verfahrens die übermittelten Zustände aller Steuerungen überprüfen. Die Prüfung durch die initiierende Steuerung erfolgt unter dem Gesichtspunkt, ob alle Vorbedingungen, die an eine Verteilung bzw. Ausführung
35 eines bestimmten Steuerbefehls geknüpft sind, auf allen

Steuerungen erfüllt sind. Eine solche Bedingung ist beispielsweise, dass kein beteiligter Roboter in einem Handverfahren bewegt sein darf.

- 5 Nach einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Befehls-Bearbeitung nach der Zustands-Überprüfung erfolgt. Vorzugsweise unterbleibt die Befehls-Bearbeitung bei negativer Zustands-Überprüfung.
- 10 Bedingt dadurch, dass ein Befehl erfindungsgemäß ggf. nur lokal ausgeführt wird, können bestimmte Steuer-Befehle auch ohne Synchronisation bei demjenigen Handhabungsgerät ausgeführt werden, an dem sie ursprünglich initiiert wurden.
- 15 Eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Zustands-Mitteilung nach einer Anfrage durch die initiiierende Steuerung erfolgt. Auf diese Weise wird das Kommunikationsnetz zwischen den Steuerungen nur zum Initiationszeitpunkt des Steuer-Befehls mit Zustands-Mitteilungen belastet.
- 20

Um die Steuerung von Robotern, die in einer Zelle kooperieren, d.h. sich immer oder teilweise räumlich und/oder zeitlich koordiniert miteinander bewegen, möglichst einfach und bedienerfreundlich zu gestalten, ist die erfindungsgemäße Vorrichtung vorzugsweise zusammen mit den anderen Steuerungen mit einem gemeinsamen Bediengerät für die Steuerungen verbunden, das auf die unterschiedlichen Steuerungen umschaltbar ist. Damit kann eine Bedienperson von einer zentralen Bedieneinheit her Steuer-Befehls an bestimmten Steuerungen kooperierender Handhabungsgeräte initiieren und auf diese Weise den Roboter-Verbund einfach und flexibel von außen steuern.

25

30

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen. Es zeigt:

5 Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Verbundes erfindungsgemäßer Steuerungsvorrichtungen.

Fig. 2 ein erstes Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Steuerungsverfahrens anhand des Starts eines Roboterverbundes; und
10

Fig. 3 ein weiteres Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Steuerungsverfahrens in Fortsetzung des Ablaufdiagramms der Fig. 2;
15

Fig. 1 zeigt eine Anzahl von Robotern 1, 2, 3, 4, die in einem gemeinsamen Arbeitsbereich (Zelle) kooperieren, d.h. sich immer oder teilweise räumlich und/oder zeitlich koordiniert miteinander bewegen. Jeder Roboter 1, 2, 3, 4 weist
20 eine Roboter-Steuerung 1.1, 2.1., 3.1, 4.1 auf. Jede Steuerung 1.1, 2.1, 3.1, 4.1 weist auf: Speichermittel 1.2, 2.2, 3.2, 4.2 zum Speichern eines Steuerungsprogramms für den jeweiligen Roboter 1, 2, 3, 4; Eingabemittel 1.3a, 2.3a, 3.3a, 4.3a zum Initiieren eines zu Synchronisierungszwecken
25 zu verteilenden Steuer-Kommandos; Sendemittel 1.3b, 2.3b, 3.3b, 4.3b zum Senden eines initiierten Kommandos an andere an einer Synchronisation beteiligte Steuerung 1.1-4.1; Empfangsmittel 1.3c, 2.3c, 3.3c, 4.3c zum Empfangen eines von einer anderen beteiligten Steuerung 1.1-4.1 übermittelten
30 Kommandos; Prozessormittel 1.4a, 2.4a, 3.4a, 4.4a zum Bearbeiten des Steuerungsprogramms nach Maßgabe des Steuer-Kommandos und ggf. zum Prüfen des initiierten bzw. des empfangenen Kommandos; und Entscheidungsmittel 1.4b, 2.4b, 3.4b, 4.4b zum Freigeben oder Blockieren des Versandes und/oder

zum Anordnen eines lediglich lokalen Ausführens eines initiierten Steuer-Kommandos.

Die Eingabemittel 1.3a-4.3a, Sendemittel 1.3b-4.3b und Empfangsmittel 1.3c-4.3c sind beim gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 für jede der Steuerungen 1.1-4.1 in baulich-kombinierter Form als Netzwerkkarte 1.3-4.3 realisiert. Über die Netzwerkkarten 1.3-4.3 sind die Steuerungen 1.1-4.1 durch Leitungen 5 und einen zentralen Hub 6 über ein Netz mit Sterntopologie miteinander verbunden. Der Hub 6 kann als einfacher passiver Hub oder als Switching-Hub (Switch) ausgebildet sein.

Zum Ansteuern der Netzwerkkarten 1.3-4.3 beinhaltet jede der Steuerungen 1.1-4.1 beim gezeigten Ausführungsbeispiel geeignete Treibermittel 1.5, 2.5, 3.5, 4.5.

Die Prozessormittel 1.4a, 2.4a, 3.4a, 4.4a und die Entscheidungsmittel 1.4b, 2.4b, 3.4b, 4.4b sind beim gezeigten Ausführungsbeispiel als bauliche Einheit in Form eines Mikroprozessors 1.4, 2.4, 3.4, 4.4 realisiert.

Das in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Steuerungssystem weist darüber hinaus zur Steuerung aller Roboter 1-4 einer Zelle ein gemeinsames Bediengerät 7 auf, das auf die unterschiedlichen Steuerungen 1.1-4.1 umschaltbar ist. Nahezu ist das Steuergerät 7 beim gezeigten Ausführungsbeispiel über eine weitere Leitung 5' in das Kommunikationsnetz der Roboter 1-4 eingebunden (mit dem Hub 6 verbunden). Der Anwender kann mittels des Bediengerätes 7, beispielsweise in Form eines Mikrocomputers, auf die Steuerungen 1.1-4.1 der in der Zelle enthaltenen Roboter 1-4 einwirken, wie dies im Rahmen der folgenden Erläuterung der Fig. 2 und 3 erläutert wird.

Die Fig. 2 beschreibt nun den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zum synchronen Steuern einer Mehrzahl von Handhabungsgeräten gemäß der Fig. 1.

5

Bei einem Steuer-Befehl, der mit einer Zustands-Abfrage und -Überprüfung der anderen beteiligten Steuerungen durch die initiierende Steuerung einhergeht, kann es sich dabei beispielsweise um einen Start-Befehl handeln, durch den ein
10 ganzer Roboter-Verbund aus mehreren kooperierenden Robotern ggf. - d.h. sofern keine Ausschlussgründe wie Handfahrbetrieb oder ähnliches vorliegen - synchron zum Ausführen bestimmter Arbeits- bzw. Bewegungstätigkeiten nach Maßgabe bestimmter in den einzelnen Robotersteuerungen gespeicher-
15 ter Programme veranlasst wird.

Dazu ergeht in einem ersten Schritt S1 der Start-Befehl an die initiierende Steuerung, im folgenden auch als lokale Steuerung bezeichnet wird. Ein solcher Steuer-Befehl wird
20 in der Regel durch eine Bedienperson von außen veranlasst, wie weiter unten anhand der Fig. 3 erläutert ist. Dies kann prinzipiell an jeder Steuerung geschehen, die dann für den gegebenen Befehl die Rolle der initiierenden Steuerung übernimmt (so kann z.B. ein an einer ersten Steuerung er-
25 teilter Start-Befehl an einer zweiten wieder gestoppt werden). Anschließend erfolgt beim Schritt S2 eine Abfrage, ob ein Roboter-Verbund, in diesem Fall ein Start-Verbund, projektiert ist. Die lokale Steuerung beantwortet die Abfrage S2 durch Inspektion einer entsprechenden gespeicherten Va-
30 riablen, in der eine Liste, beispielsweise eine Liste von IP-Adressen der ggf. an dem Verbund beteiligten Steuerungen abgelegt ist. Wird die Abfrage S2 bejaht (j), so sendet die lokale Steuerung beim Schritt S3 eine Anfrage an alle im Verbund stehenden Roboter, um die jeweiligen Zustände der
35 Roboter zu erfragen. Beim Schritt S4 werden die Antworten

der angefragten Roboter empfangen. Die Antwort-Datenpakete enthalten jeweils Informationen bezüglich der aktuellen Programm- und physikalischer Roboterzustände.

5 Parallel zum Warten auf die Antwort-Datenpakete wird beim Schritt S5 eine Timeout-Zeit für die zu empfangenden Antworten der angefragten Roboter überprüft. Dementsprechend erfolgen die Schritte S4, S5 in der Regel wiederholt abwechselnd in Form einer Schleife (hier aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt). Wird die Antwortzeit überschritten (j), so ergeht dann beim Schritt S6 eine Meldung an den Anwender, dass die Zustände der anderen bzw. bestimmter anderer Steuerungen nicht gelesen werden konnten, wodurch ein Abbruch des beim Schritt S1 gegebenen Start-Kommandos bedingt ist. Liegt beim Schritt S5 keine Überschreitung der Antwortzeit vor (n), so erfolgt beim Schritt S7 eine Weiterbearbeitung des Start-Kommandos, wie weiter unten anhand der Fig. 3 dargestellt ist.

20 Der letztgenannte Verfahrensschritt S7 wird auch dann ausgeführt, wenn bei der anfänglichen Abfrage S2 kein Start-Verbund festgestellt wurde (n), also der in Schritt S1 bewirkte Befehl aufgrund der Auswahl am Bediengerät nur für eine Roboter-Steuerung und damit einen Roboter gelten soll.

25 Die Fig. 3 stellt des prinzipiellen Ablauf für das Versenden eines Start-Befehls an weitere an einer Synchronisation beteiligte Steuerungen und der Zustands-Überprüfung dar.

30 Der Start-Befehl ist beim Schritt S8 grundsätzlich zur Weiterleitung an die anderen zu synchronisierenden Steuerungen freigegeben (vergleiche S7 in Fig. 2). Es erfolgt beim Schritt S9 zunächst eine Abfrage bezüglich der Startart. Hier sind zwei mögliche Startarten zu unterscheiden: a) Ein Remote-Start R, bei dem der Steuer-Befehl im Schritt S8

nicht lokal initiiert wurde, sondern bereits von einer anderen Steuerung stammt (dieser Fall wird im weiteren Verlauf der Fig. 3 detailliert erläutert). In diesem Fall ergeht direkt beim Schritt S10 der Start-Befehl an die lokale Steuerung. b) Anderenfalls ergibt die Abfrage S9, dass es sich um eine lokal initiierte Anweisung L handelt. In diesem Fall erfolgt beim Schritt S11 eine Abfrage, ob die eigene lokale Steuerung sich innerhalb des Start-Verbundes befindet. Ein Verneinen (n) der Abfrage S11 bedingt wiederum die direkte Startanweisung an die lokale Steuerung beim Schritt S10. Wird dagegen die Abfrage S11 bejaht (j), so erfolgt eine weitere Abfrage S12, ob die eigene lokale Steuerung Satzkoinkidenz (SAK) aufweist, d.h., dass sich der zugehörige Roboter geometrisch auf der programmierten Bahn und nicht außerhalb derselben befindet. Ein Verneinen (n) dieser Abfrage bedingt wiederum Schritt S10, ein Bejahen (j) startet beim Schritt S13, S13' eine Überprüfung aller Steuerungen im Start-Verbund auf der Grundlage der von ihnen übermittelten Abfrageergebnisse (vergleiche Fig. 1) in Bezug auf:

- Satzkoinkident (SAK);
- Nicht-Blockierung des Starts;
- Fehlen einer Stop-Meldung;
- automatischen Betriebsmodus (kein Handverfahren);
- Bereitschaft des Roboters;
- gleiche Betriebsart wie die anderen Steuerungen, z.B. Step-Modus oder dergleichen; und

- ggf. weitere Startvoraussetzungen.

Ist eine dieser Voraussetzungen bei S13' nicht gegeben (n), so wird der Start beim Schritt S14 global blockiert und eine entsprechende Fehlermeldung an den Anwender ausgegeben.
5 Globales Blockieren des Start-Befehls bedeutet, dass weder ein Programmablauf in der lokalen Steuerung gestartet, noch der Start-Befehl an die anderen beteiligten Steuerungen weitergeleitet wird.

10

Sind dagegen alle Startvoraussetzungen S13' gegeben (j), so leitet die lokale Steuerung den Start-Befehl beim Schritt S15 an alle im Verbund stehenden Roboter weiter. Abschließend ergeht beim Schritt S10 die Startanweisung auch an die
15 lokale Steuerung, woraufhin im Roboterverbund ein synchroner Programmablauf beginnt.

Wie anhand des Startvorgangs kooperierender Roboter erläutert, sind in gleicher Weise weiterhin die folgenden Steuerungsvorgänge gemeinsam an mehreren Robotern eines Verbundes durchführbar:
20

- zeitgleiches Stoppen aller kooperierenden Steuerungen 1.1-4.1; und
25
- Abgleichen eines Programm-Bearbeitungsmodus' auf allen Steuerungen 1.1-4.1. Damit ist gewährleistet, dass sich im Falle eines Step-Modus' auf einer Steuerung sich auch die anderen Steuerungen in demselben Betriebsmodus befinden.
30
- Ein Programm-Reset führt zu einem eben solchen Reset auf den anderen Steuerungen.

- Bei Satzanwahl auf einer Steuerung, d.h. Anwahl einer bestimmten geometrischen Position des Roboters wird die entsprechende Satzanwahl auf den anderen Steuerungen ebenfalls durchgeführt.

Die letzte der genannten synchronen Bedienhandlungen setzt voraus, dass die in den Steuerungen 1.1-4.1 ablaufenden Programme prinzipiell identisch (gespiegelte Programme) sind.

Die Liste von Steuerungen, die an einem Verbund der Anwen- deraktionen teilnimmt, ist beim beschriebenen Ausführungs- beispiel in einer Variablen abgelegt, die in den Speicher- mitteln 1.2-4.2 der kooperierenden Roboter-Steuerungen 1.1- 4.1 gespeichert ist. Für die Aktivierung der vorstehend ge- nannten Befehle "synchrone Satzanwahl" und "Reset" kann in den Speichermitteln 1.2-4.2 eine entsprechende zweite Vari- able gespeichert sein.

Alle dem Kommando-Verbund zugehörigen Steuerungen 1.1-4.1 teilen sich gegenseitig ihre aktuell relevanten Zustände mit, wobei das in Fig. 1 dargestellte Kommunikationsnetz 5, 6 auf Ethernet-Basis zwischen den Steuerungen 1.1-4.1 als Kommunikationsmedium dient. Bei Einleitung eines entspre- chend zu verteilenden Steuer-Befehls an einer der Steuerun- gen durch einen Benutzer über das Bediengerät 7 wird gemäß des anhand der Fig. 2 und 3 beschriebenen Verfahrens über- prüft, ob in Anbetracht der Zustände der anderen im Verbund stehenden Steuerungen der gegebene Befehl in dieser Form verteilt, abgeblockt oder nur lokal ausgeführt wird. Für letzteres ist gegebenenfalls ein Auflösen des projektierten Verbunds erforderlich, denn grundsätzlich wird die Komman- doführung für alle Teilnehmer blockiert, falls eine projek-

tierte Synchronisation fehlschlägt. Will der Anwender also die lokale Kommandoführung erzwingen, so löst er den projektierten Verbund auf, so dass alle Kommandos nur noch lokal ausgeführt werden.

5

Die auf diese Weise synchronisierbaren Anweisungen umfassen insbesondere Start- und Stop-Befehls, Auswahlbefehle für die Programmlaufart (Step-Modus oder dergleichen), Satzanzahl- und Programm-Reset-Befehle. Die Erfindung betrifft

10 hierbei das gemeinsame Starten, Stoppen von Steuerungsprogrammen. Dies bedeutet nicht zwangsläufig, dass die Bewegungen der Roboter geometrisch gekoppelt sind bzw. sein müssen - es bedeutet lediglich, dass die gleiche Bedienhandlung auf mehreren Steuerungen ausgeführt wird, ohne
15 dass der Anwender an allen Bediengeräten einen entsprechenden Befehl initiieren muss, um die Bedienhandlung zu tätigen.

Für diesen Datenaustausch sind keine Positionsdaten erforderlich, sondern nur Daten über die aktuellen Zustände
20 (Antriebe ein, SAK, Stop-Meldungen liegen an, oder dergl.). Sollte die beschriebene Funktionalität auch für den gemeinsamen Start einer geometrisch gekoppelten Bewegung mehrerer Steuerungen verwendet werden, so müssen für die Funktionalität einer geometrisch/zeitlich gekoppelten Bewegung mehrerer Steuerungen auch Positionsdaten ausgetauscht werden.
25 Diese sind aber nicht für die Startsynchrisation, sondern für die nachgelagerte Bewegungssynchronisation erforderlich.

30

Die beschriebene Prüfung der Anfangsbedingungen findet nur beim Start-Befehl statt, da für den Start der im Verbund stehenden Roboter 1-4 erreicht werden soll, dass jede Steuerung 1.1-4.1 für sich eine SAK-Fahrt ausführt. Erst wenn
35 alle Steuerungen 1.1-4.1 bzw. die entsprechenden Roboter 1,

2, 3, 4 sich auf der jeweils programmierten Bahn befinden,
kann ein Start im Verbund ausgeführt werden.

PATENTANWÄLTE

DIPL.-ING. **HEINER LICHTI**DIPL.-PHYS. DR. RER. NAT. **JOST LEMPERT**DIPL.-ING. **HARTMUT LASCH**D-76207 KARLSRUHE (DURLACH)
POSTFACH 410760

TELEFON: (0721) 9432815 TELEFAX: (0721) 9432840

KUKA Roboter GmbH
Blücherstraße 14419555.1 Le/nu/z1
06. August 2002

86165 Augsburg

Patentansprüche

1. Verfahren zum synchronen Steuern einer Mehrzahl von Handhabungsgeräten, wie Industrierobotern, dadurch gekennzeichnet, dass ein von Steuerungen der an einer Synchronisation beteiligten Handhabungsgeräte auszuführender Steuer-Befehl an einer beliebigen Steuerung initiiert und anschließend in dieser abhängig von der Art des Befehls weiterbearbeitet wird.
- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Befehls-Bearbeitung beinhaltet, dass der Steuer-Befehl zur synchronen Ausführung auf die anderen Steuerungen verteilt, abgeblockt oder nur lokal ausgeführt wird.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die initiiierende Steuerung aktuelle steuerungsrelevante Zustände aller Steuerungen überprüft.
- 15

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Befehls-Bearbeitung nach der Zustands-Überprüfung erfolgt.
- 5 5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Befehls-Bearbeitung bei negativer Zustands-Überprüfung unterbleibt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zustands-Mitteilung nach einer Anfrage durch die initiiierende Steuerung erfolgt.
- 10 7. Vorrichtung zum synchronen Steuern eines Handhabungsgeräts, wie eines Industrieroboters (1, 2, 3, 4), in einem Verbund aus derartigen Handhabungsgeräten aufweisend:
 - Speichermittel (1.2, 2.2, 3.2, 4.2) zum Speichern eines Steuerungsprogramms für das Handhabungsgerät (1, 2, 3, 4);
 - 20 - Eingabemittel (1.3a, 2.3a, 3.3a, 4.3a) zum Initiieren eines zu Synchronisationszwecken zu verteilenden Steuer-Befehls;
 - 25 - Sendemittel (1.3b, 2.3b, 3.3b, 4.3b) zum Senden eines initiierten Steuer-Befehls an andere an einer Synchronisation beteiligte Steuerungen (1.1, 2.1, 3.1, 4.1);
 - 30 - Empfangsmittel (1.3c, 2.3c, 3.3c, 4.3c) zum Empfangen eines von einer anderen beteiligten Steuerung (1.1, 2.1, 3.1, 4.1) übermittelten Befehls;

- Prozessormittel (1.4a, 2.4a, 3.4a, 4.4a) zum Bearbeiten des Steuerungsprogramms nach Maßgabe des Steuer-Befehls und ggf. zum Prüfen des initiierten bzw. des empfangenen Befehls; und

5

- Entscheidungsmittel (1.4b, 2.3b, 3.4b, 4.4b) zum Freigeben oder Blockieren des Versandes und/oder zum Anordnen eines lediglich lokalen Ausführens eines initiierten Steuer-Befehls.

10

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungen (1.1, 2.1, 3.1, 4.1) über ein Kommunikationsnetz (5, 6) verbunden sind.

15

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass diese auf einer gemeinsamen hierarchischen Ebene mit den anderen beteiligten Steuerungen (1.1, 2.1, 3.1, 4.1) angeordnet ist.

20

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass diese zusammen mit den anderen beteiligten Steuerungen (1.1, 2.1, 3.1, 4.1) mit einem gemeinsamen Bediengerät (7) verbunden ist, das zu Bedienzwecken auf die unterschiedlichen Steuerungen (1.1, 2.1, 3.1, 4.1) umschaltbar ist.

25

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die beteiligten Steuerungen in (1.1, 2.1, 3.1, 4.1) einer in den Speichermitteln (1.2, 2.2, 3.2, 4.2) gespeicherten Variablen verzeichnet sind.

30

PATENTANWÄLTE

DIPL.-ING. **HEINER LICHTI**DIPL. PHYS. DR. RER. NAT. **JOST LEMPERT**DIPL.-ING. **HARTMUT LASCH**D-76207 KARLSRUHE (DURLACH)
POSTFACH 410760

TELEFON: (0721) 9432815 TELEFAX: (0721) 9432840

KUKA Roboter GmbH
Blücherstraße 14419555.1 Le/nu/z1
06. August 2002

86165 Augsburg

Zusammenfassung

Ein Verfahren zum synchronen Steuern einer Mehrzahl von Handhabungsgeräten, wie Industrierobotern, zeichnet sich dadurch aus, dass ein von Steuerungen der an einer Synchronisation beteiligten Handhabungsgeräte auszuführender Steuer-Befehl an einer beliebigen Steuerung initiiert und anschließend in dieser abhängig von der Art des Befehls weiterbearbeitet wird. Eine im Verbund mit anderen zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahren geeignete Vorrichtung weist auf: Speichermittel zum Speichern eines Steuerungsprogramms für das jeweilige Handhabungsgerät, Eingabemittel zum Initiieren eines zu Synchronisationszwecken zu verteilenden Steuer-Befehls, Sendemittel zum Senden eines initiierten Befehls an andere an einer Synchronisation beteiligte Steuerungen, Empfangsmittel zum Empfangen eines von einer anderen beteiligten Steuerung übermittelten Befehls, Prozessormittel zum Bearbeiten des Steuerungsprogramms nach Maßgabe des Steuer-Befehls und ggf. zum Prüfen des initiierten bzw. des empfangenen Befehls und Entscheidungsmittel zum Freigeben oder Blockieren des Versandes und/oder zum Anordnen eines lediglich lokalen Ausführens eines initiierten Steuer-Befehls.

PATENTANWÄLTE

DIPL.-ING. **HEINER LICHTI**DIPL.-PHYS. DR. RER. NAT. **JOST LEMPERT**DIPL.-ING. **HARTMUT LASCH**D-76207 KARLSRUHE (DURLACH)
POSTFACH 410760

TELEFON: (0721) 9432815 TELEFAX: (0721) 9432840

KUKA Roboter GmbH
Blücherstraße 14419555.1 Le/nu/z1
06. August 2002

86165 Augsburg

Bezugszeichenliste

	1, 2, 3, 4	Roboter
	1.1, 2.1, 3.1, 4.1	Steuerung
	1.2, 2.2, 3.2, 4.2	Speichermittel
5	1.3, 2.3, 3.3, 4.3	Netzwerkkarte
	1.3a, 2.3a, 3.3a, 4.3a	Eingabemittel
	1.3b, 2.3b, 3.3b, 4.3b	Sendemittel
	1.3c, 2.3c, 3.3c, 4.3c	Empfangsmittel
	1.4, 2.4, 3.4, 4.4	Mikroprozessor
10	1.4a, 2.4a, 3.4a, 4.4a	Prozessormittel
	1.4b, 2.4b, 3.4b, 4.4b	Entscheidungsmittel
	1.5, 2.5, 3.5, 4.5	Treibermittel
	5, 5'	Leitung
	6	Hub
15	7	Bediengerät
	S1-S15	Verfahrensschritt
	j	bejahte Abfrage
	n	verneinte Abfrage
	L	Startart "lokal"
20	R	Startart "Remote"

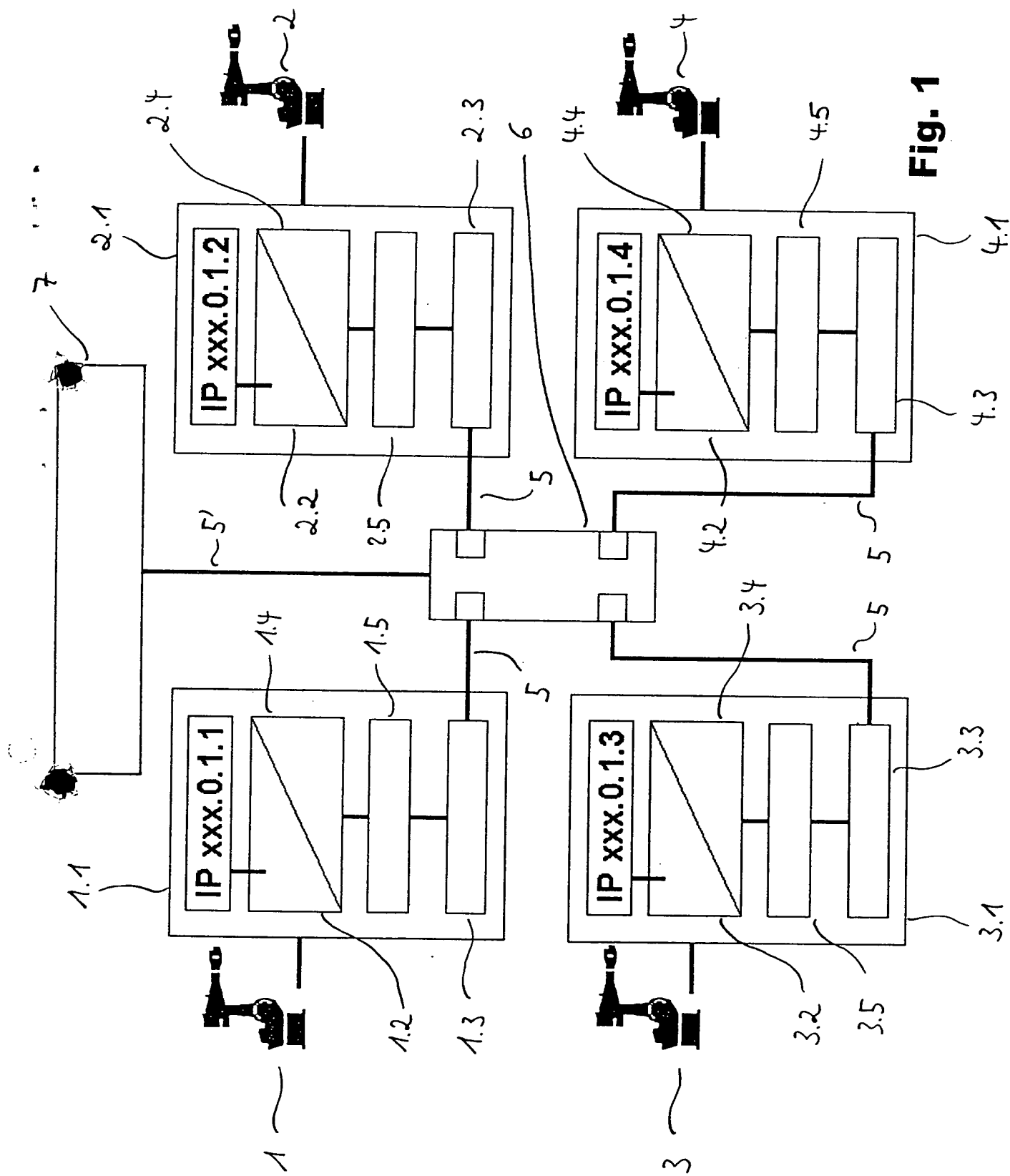


Fig. 1

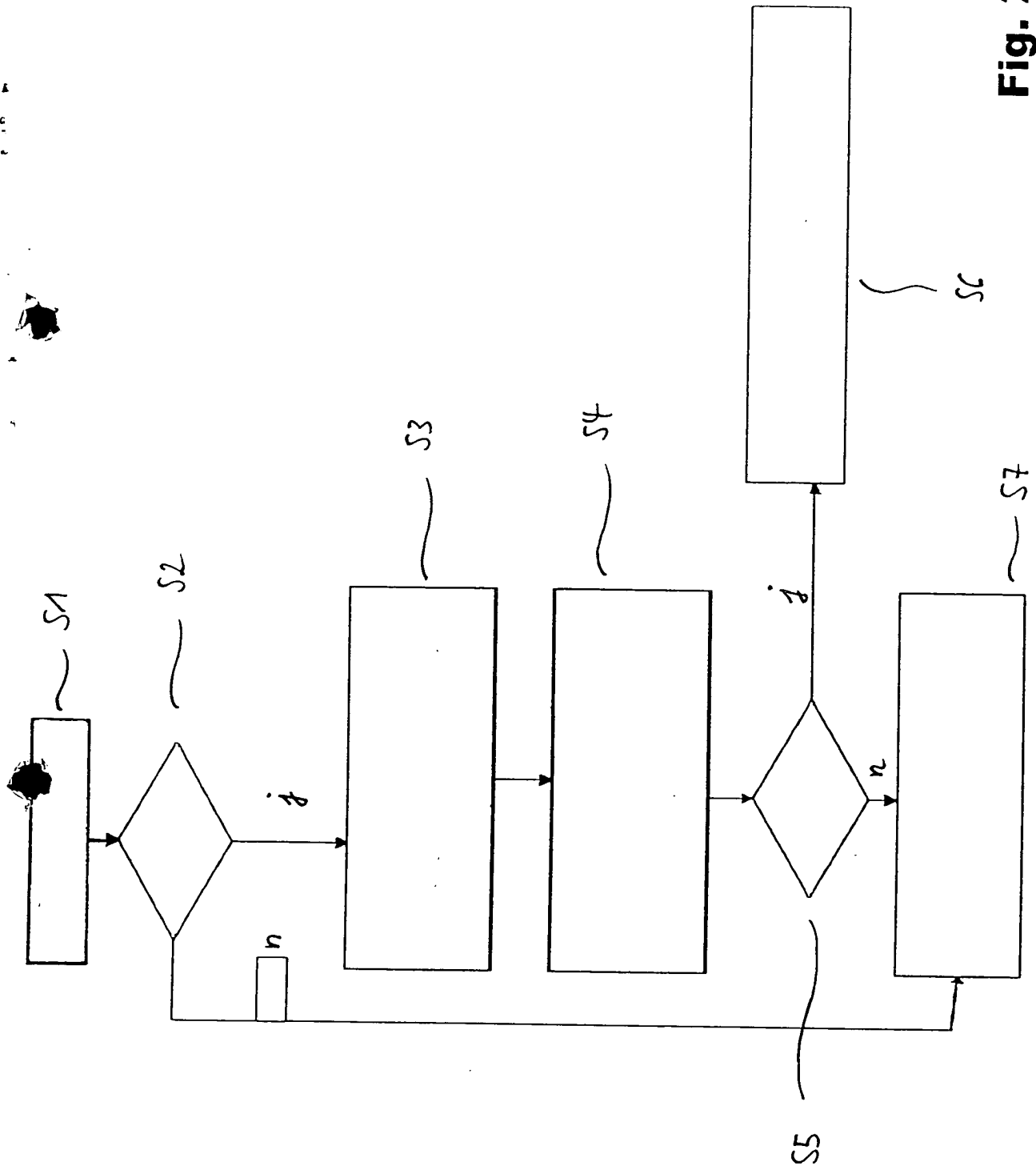


Fig. 2

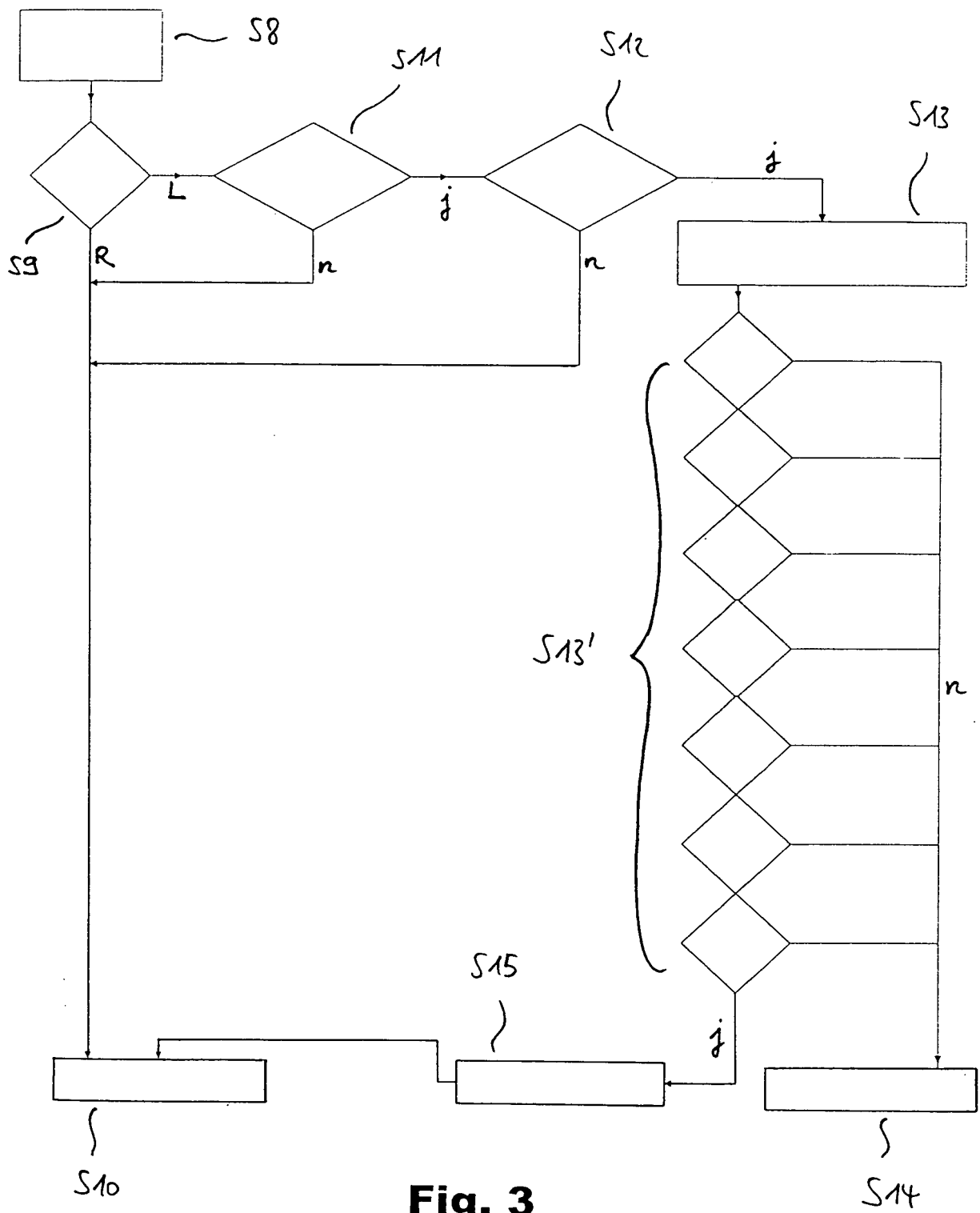


Fig. 3